

UN SISTEMA DE TUTORÍA INTELIGENTE ADAPTATIVO CONSIDERANDO ESTILOS DE APRENDIZAJE

CLARA INÉS PEÑA

*Ingeniero de Sistemas
Universidad Industrial de Santander
clarenes@eia.udg.es*

JOSE-L MARZO

*Profesor Titular Universidad de Girona
marzo@eia.udg.es*

JOSEP LLUÍS DE LA ROSA

*Profesor Titular Universidad de Girona
pepluis@eia.udg.es*

RAMÓN FABREGAT

*Profesor Titular Universidad de Girona
ramon@eia.udg.es*

RESUMEN

En este documento se presenta el sistema multiagente MAS-PLANG (MultiAgent System – PLANG) desarrollado para transformar el entorno educativo virtual de las USD (“Unitats de Suport a la Docència”) en un sistema hipermèdia adaptativo teniendo en cuenta estilos de aprendizaje. Las técnicas de adaptación están dirigidas a la selección personalizada de los materiales didácticos, las herramientas de navegación y las estrategias de navegación del entorno educativo de acuerdo al estilo de aprendizaje del estudiante. Para el modelado del estudiante utilizamos técnicas de Inteligencia Artificial como el Razonamiento Basado en Casos y la Lógica Difusa. El sistema está en capacidad de categorizar estudiantes de acuerdo a su habilidad para procesar, percibir, recibir organizar y entender la información. Utilizamos agentes inteligentes para examinar oportunidades de mejora de la enseñanza y para motivar los estudiantes a aprender según sus preferencias en un entorno amigable y lo más cercano posible a su estilo de aprendizaje. El MAS-PLANG se ha construido bajo el concepto central de un agente inteligente conocido como una entidad software que actúa en forma inteligente y semiautónoma en representación y beneficio del estudiante.

PALABRAS CLAVE: Agentes inteligentes, entorno virtual de aprendizaje, estilos de aprendizaje, sistema hipermèdia educativo adaptativo.

INTRODUCCIÓN

Internet ha ofrecido una gran infraestructura con capacidades de comunicación y oportunidades de colaboración nunca antes vistas. En el campo educativo ha permitido el diseño de propuestas novedosas para enseñar, para compartir materiales instruccionales y para navegar a través de ellos de forma estructurada y no-estructurada. Sin embargo, si la naturaleza de los procesos educativos y la capacidad de las tecnologías educativas

no se han tenido en cuenta para el diseño apropiado de los sistemas de tutoría, su utilización a través del web puede dar origen a una gran pérdida de tiempo, de esfuerzos y de recursos.

En este documento presentamos el desarrollo del sistema multiagente MAS-PLANG [4] diseñado con el objetivo de ofrecer características de adaptatividad con base en estilos de aprendizaje, a la plataforma educativa USD [22] utilizada para el soporte a la educación a distancia a través del web.

El MAS-PLANG modela el estudiante mediante la interacción de sus agentes monitores, con los agentes del entorno del HabitatPro [8], una herramienta diseñada para la personalización de contenidos y prospección de mercados utilizando técnicas de Razonamiento Basado en Casos y Reglas de Lógica Difusa. Realizamos el modelado del estudiante con el fin de poder ofrecer los contenidos didácticos, las herramientas de navegación y las estrategias de navegación adaptados a las características del estilo de aprendizaje del estudiante. Para la determinación de los estilos de aprendizaje, hemos adoptado el Modelo FLSM (Felder and Silverman Learning Style Model) [15] que permite categorizar estudiantes de acuerdo a su habilidad para procesar, percibir, recibir organizar y entender la información. La primera clasificación de estudiantes de acuerdo a estos criterios la hemos obtenido aplicando el instrumento de diagnóstico del modelo FLSM denominado ILS (Index for Learning Styles) [10], ampliamente probado en entornos educativos virtuales similares al nuestro como se puede observar en [3] y [16].

La continua asistencia al estudiante, que es un elemento fundamental a tener en cuenta dentro de las herramientas de ayuda para la adquisición del conocimiento en este tipo de entornos virtuales de aprendizaje, también se ha considerado en el MAS-PLANG y con base en ello tratamos de examinar oportunidades para la mejora de la enseñanza y para motivar al estudiante a aprender de acuerdo a sus preferencias subjetivas.

El MAS-PLANG se ha construido sobre una plataforma multiagente compatible con los estándares de FIPA [18] utilizando lenguajes de programación como Java, JavaScript, Flash y XML en diferentes partes de su implementación. En las siguientes secciones de este documento describiremos las principales características de su arquitectura y funcionamiento habiendo hecho una previa revisión del estado del arte.

ESTADO DEL ARTE

A. Las Unidades de Soporte a la Docencia

Actualmente, esta plataforma educativa virtual USD implementada con tecnología web, es un sistema adaptable de acuerdo a las apreciaciones de Oppermann en [23] que permite a profesores crear y mantener unidades docentes navegables de forma secuencial o libre y a estudiantes configurar el entorno de aprendizaje según sus preferencias en aspectos relacionados con el tamaño, forma y posición de los iconos, posición de las ventanas y barras de navegación, idioma del entorno, etc.

Una unidad docente USD consta, de un conjunto de páginas HTML (por ejemplo, los nodos A-1 a C-2 de la Figura 1) que incluye el material educativo a utilizar para el soporte a la enseñanza de determinadas asignaturas y, de una estructura de navegación predefinida (por ejemplo, las estructuras e-1, e-2 o e-3 de la Figura 1) que facilita su acceso. Esta separación de estructura y contenido permite la reutilización de una misma página en diferentes unidades docentes y la creación de una sola estructura para el acceso a una misma unidad docente en diferentes idiomas. En la Figura 1 se puede observar que al modificar la página representada por el nodo B-1, ésta se modifica automáticamente en todas las unidades docentes que la utilizan.

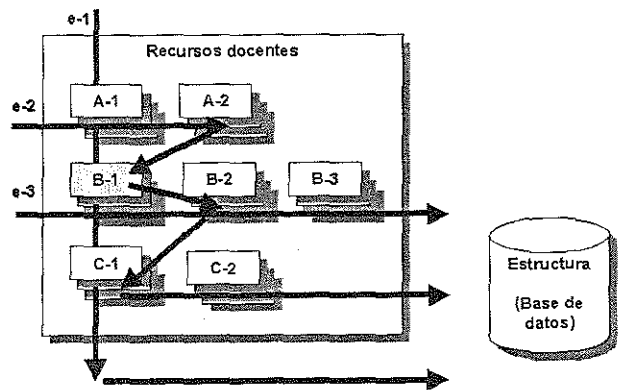


Figura 1. Representación de estructuras de navegación y contenidos de aprendizaje en unidades docentes USD.

El entorno de navegación de las USD le ofrece al estudiante diferentes herramientas para:

- Navegar sobre los contenidos de aprendizaje de forma libre o guiada (flechas de avanzar y retroceder o a través del mapa de la unidad).
- Consultar glosarios de términos
- Acceder a ejercicios interactivos preparados para toda la unidad docente o para determinada sección de la misma.
- Configurar el entorno de trabajo en cuanto a estilo y posición de los iconos, colores del escritorio y datos personales.
- Imprimir por preferencias los contenidos de aprendizaje.
- Tomar apuntes [5].
- Realizar el seguimiento a las actividades de aprendizaje llevadas a cabo.
- Promover el trabajo colaborativo (*chat*, *forum* y correo electrónico).
- Etc.

En las Figuras 2 y 3 incluimos parte de la presentación de algunos materiales didácticos implementados en las USD para el soporte a la enseñanza de asignaturas como la Estadística Básica y las Técnicas de Expresión Oral y Escrita del idioma Catalán en la Universitat de Girona.

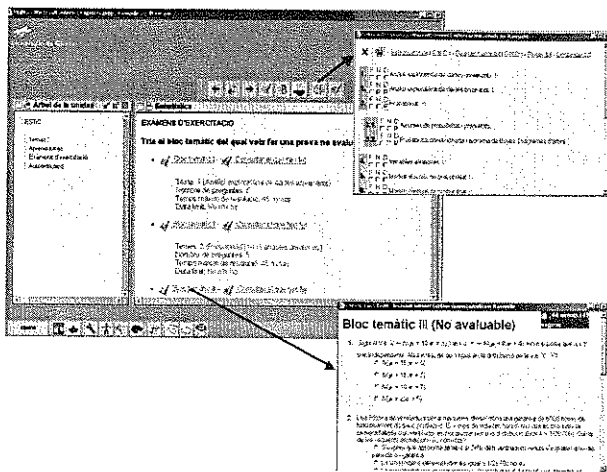


Figura 2. Entorno de aprendizaje para la unidad docente de soporte a la enseñanza de las Estadísticas Básicas de la UdG. Esta unidad permite seleccionar temas para ejercicios de autoevaluación por diferentes niveles de dificultad.

Para el desarrollo y organización de los materiales didácticos, la plataforma USD le ofrece al profesor las siguientes herramientas:

- Gestor de archivos (Figura 4).
- Editor de glosarios de términos (Figura 5).
- Editor de ejercicios interactivos (Figura 6).
- Editor del módulo del dominio (Figura 7).
- Visualizador de las actividades de aprendizaje realizadas por los estudiantes (Figura 8).
- Etc.

Como nuestro interés es el de adecuar dinámicamente los contenidos didácticos (porque actualmente es un proceso estático y predefinido) para crear sensación en el estudiante y para motivarlo a aprender lo que Él desea de acuerdo a sus preferencias, hemos diseñado el sistema MAS-PLANG que toma como base el estilo de aprendizaje del estudiante para seleccionar materiales didácticos motivadores teniendo en cuenta el formato en el cual se presenta la información, la mejor estrategia instruccional y una estrategia de navegación adaptativa que permita, en función de la evaluación del desempeño del estudiante, la modificación dinámica de la secuencia de visita a las diferentes secciones de los contenidos. Bajo este punto de vista, los contenidos por ejemplo de las Figuras 2 y 3 se presentarían de forma diferente y tendrían diferente estructura de navegación de acuerdo al tipo de estudiante que los utilice.

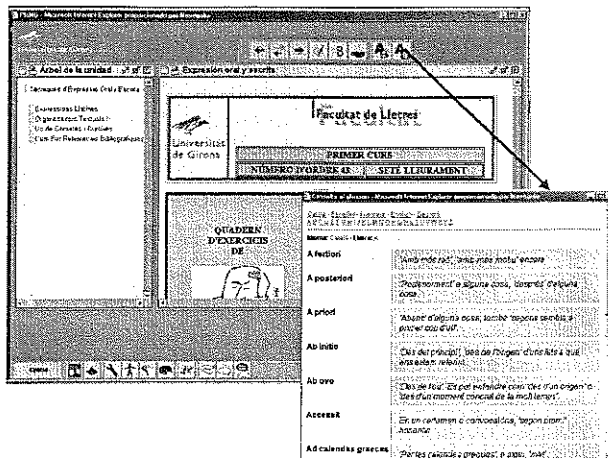


Figura 3. Entorno de aprendizaje para la unidad docente de soporte a la enseñanza de las Técnicas de Expresión Oral y Escrita del idioma catalán. Obsérvese que la barra de navegación presenta algunos iconos diferentes que los que ofrece la unidad docente de Estadística. Esto es, porque esta unidad específicamente ha incluido un glosario de términos como ayuda adicional para la navegación sobre sus contenidos.

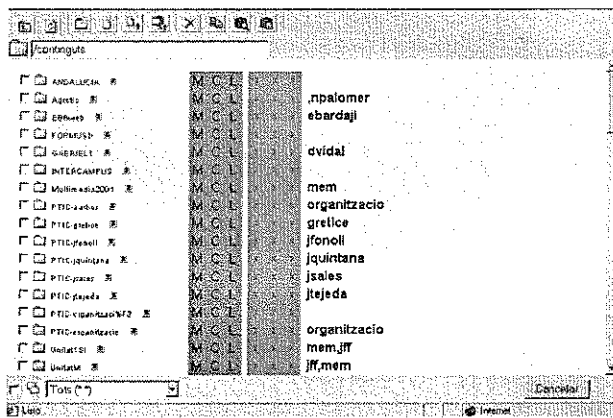


Figura 4. Aspecto del administrador de archivos

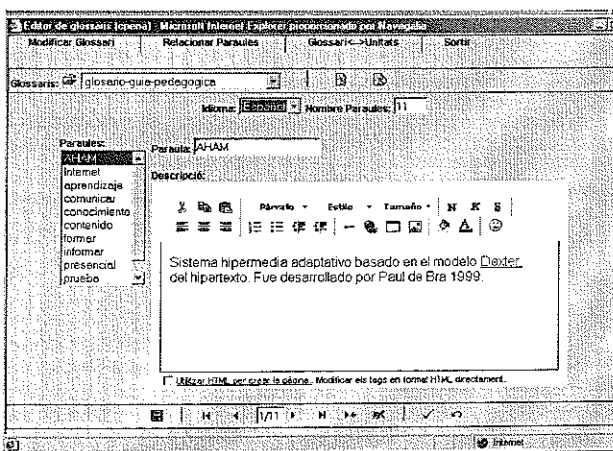


Figura 5. Entorno de trabajo del editor de glosarios

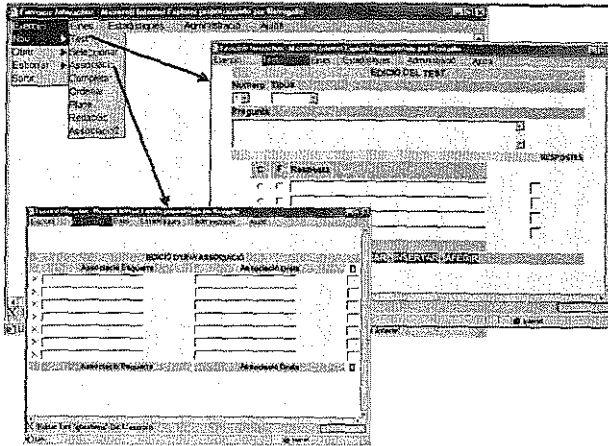


Figura 6. Entorno del editor de ejercicios interactivos

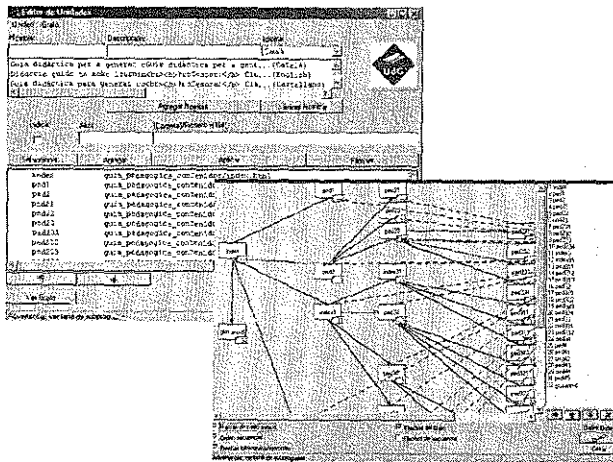


Figura 7. Aspecto del editor del módulo del dominio

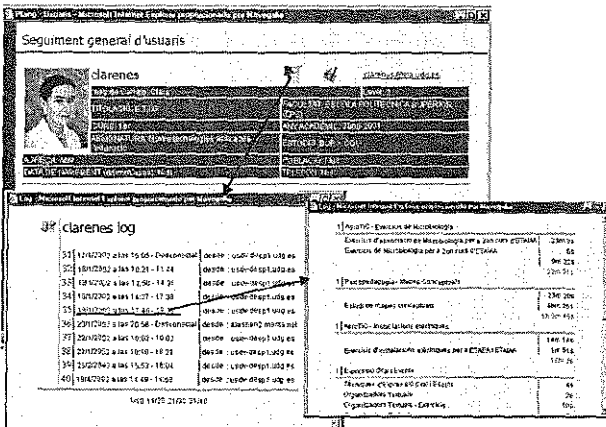


Figura 8. Visualización de actividades realizadas por un estudiante

B. La enseñanza considerando estilos de aprendizaje

El soporte a la enseñanza y aprendizaje de calidad ha sido uno de los aspectos críticos a tener en cuenta en la educación a distancia. En estos escenarios de aprendizaje, interesa la sensibilidad que pueda tener el estudiante (representada de una u otra forma en su estilo de aprendizaje) frente a los materiales educativos promovidos por sus autores. Según Felder en [17] se debe ser consciente de las diferencias que tienen los estudiantes para procesar la información, con el fin de poder ofrecer materiales pedagógicos dinámicos adaptados a preferencias particulares de aprendizaje.

La importancia de los estilos de aprendizaje en el mejoramiento de la calidad de la educación ha sido la base de la investigación en los últimos años. Los estudios realizados entre otros por Dangwal y Mitra en [20], Montgomery en [24] y Mumford en [2] revelan que el aprendizaje depende de varios factores personales que prácticamente todo individuo posee en un estilo propio y que éste no siempre permanece invariable sino que puede cambiar con el tiempo y depender del contexto de las tareas educativas.

Apoyándonos en la experiencia de los estudios antes mencionados que promueven el mejoramiento de la calidad de la educación mediante el aprendizaje personalizado, examinamos las características de algunos modelos de estilos de aprendizaje con el fin de seleccionar el más apropiado para la adaptación de la plataforma USD. Los modelos revisados fueron los siguientes: el de *preferencias instruccionales y del medio ambiente* propuesto por Dunn y Dunn en [21], el modelo de interacción social propuesto por Reichman en [26] el modelo de *personalidad* propuesto por Curry en [13] y el modelo de *estilos de aprendizaje de Felder y Silverman (FSLSM)*.

El funcionamiento efectivo en cualquier campo profesional significa trabajar bien en todos los modelos de estilos de aprendizaje, sin embargo, no todos los modelos son idóneos para el desarrollo de materiales educativos en sistemas hipermedia adaptativos. Algunos modelos como por ejemplo el de *personalidad* están muy enfocados a factores psicológicos que son muy difíciles de manejar en aprendizaje asistido a distancia y en el campo de la Ciencia de los Computadores. Los modelos de *interacción social* ofrecen una buena base de investigación para relaciones sociales en clases presenciales pero aportan muy poco al desarrollo de materiales educativos a distancia. Los modelos de *preferencias instruccionales y ambientales* están muy

enfocados a la forma como algunos factores externos que no son necesariamente instruccionales pueden influir en el aprendizaje. Habiendo analizado esas diferentes tendencias, hemos considerado que el modelo de estilos de aprendizaje a adoptar para las USD debe ofrecer:

- Una base instruccional y psicológica clara. Todos los modelos de estilos de aprendizaje la ofrecen, pero no todos los modelos psicológicos se acercan a los principios pedagógicos que se buscan. Los modelos basados en el constructivismo pueden ser muy útiles.
- Métodos de diagnóstico ampliamente probados. Los modelos propuestos por Mumford en [2], Dunn y Dunn en [21] y Felder en [15] lo ofrecen.
- Confiabilidad y validez en los métodos de diagnóstico. Muy pocos modelos de los revisados se han validado suficientemente. Sin embargo Mumford en [2] ofrece altos indicativos de fiabilidad.
- Una base instruccional idónea para aprendizaje asistido por computador especialmente a través del web. El modelo FSLSM se ha diseñado y aplicado directamente a entornos de aprendizaje basados en multimedia.
- Facilidades para el desarrollo de materiales en las áreas de nuestro interés como la Ingeniería Electrónica y de Computadores y las Ciencias de la Educación basadas en las nuevas tecnologías. El modelo FSLSM se ha aplicado precisamente en estas áreas.

De acuerdo con lo anterior, vemos que a pesar de que varios de estos modelos se han utilizado en campos educativos, como el modelo de Kolb/McCarthy [7] y el modelo de Mayer-Briggs [11], el modelo más apropiado para nosotros es el FSLSM, por su aplicación en sistemas educativos hipermedia a través del web y en el campo de la Ingeniería y la Ciencia de los Computadores como lo demuestran las experiencias de Carver en [3] y Felder en [16] y porque han podido comprobar el fortalecimiento del aprendizaje en los estudiantes utilizando materiales orientados a sus preferencias subjetivas.

El modelo FSLSM ha sido el resultado final de un trabajo de investigación de muchos años. Fue diseñado con dimensiones dicotómicas que pueden ser particularmente importantes si se aplican al campo de las Ciencias de la Educación y al aprendizaje asistido por computador. En la siguiente tabla se pueden observar tales dimensiones:

Tabla 1. Dicotomías de los cinco niveles de estilos de aprendizaje del modelo FSLSM

DI M E N S I O N	DICOTOMÍA	
	Activo	Reflexivo
	Sensitivo	Intuitivo
	Visual	Verbal
	Inductivo	Deductivo
	Secuencial	Global

Las dicotomías provienen de las respuestas dadas por Felder y Silverman a las siguientes cinco preguntas cercanas a los principios del modelo *Onion* de estilos de aprendizaje propuesto por Curry en [13]:

- ¿Qué tipo de información perciben preferentemente los estudiantes?
- ¿A través de qué modalidad es la información cognitiva más efectivamente percibida?
- ¿Con qué tipo de organización de la información está más cómodo el estudiante a la hora de trabajar?
- ¿Cómo prefiere el estudiante procesar la información?
- ¿Cómo progresa el estudiante en su aprendizaje?

Dichas respuestas fueron:

- Básicamente, los estudiantes perciben dos tipos de información: información externa o sensitiva a la vista, al oído o a las sensaciones físicas e información interna o intuitiva a través de memorias, ideas, lecturas, etc.
- Con respecto a la información externa, los estudiantes básicamente la reciben en formatos visuales mediante cuadros, diagramas, gráficos, demostraciones, etc. o en formatos verbales mediante sonidos, expresión oral y escrita, fórmulas, símbolos, etc.
- Los estudiantes se sienten a gusto y entienden mejor la información si está organizada inductivamente donde los hechos y las observaciones se dan y los principios se infieren o deductivamente donde los principios se revelan y las consecuencias y aplicaciones se deducen.
- La información se puede procesar mediante tareas activas a través compromisos en actividades físicas o discusiones o a través de la reflexión o introspección.
- El progreso de los estudiantes sobre el aprendizaje implica un procedimiento secuencial que necesita progresión lógica de pasos incrementales pequeños o entendimiento global que requiere de una visión integral.

EL SISTEMA MULTIAGENTE
MAS-PLANG

A. Arquitectura

El sistema MAS-PLANG se ha construido sobre un entorno multiagente compatible con los estándares de FIPA utilizando los lenguajes Java, JavaScript, Flash y XML en diferentes etapas de su programación (ver Figura 9). Las siguientes propiedades definidas por Nwana en [9] se tuvieron en cuenta para el diseño de los agentes:

- Interactividad:** el agente debe ser capaz de interactuar con su entorno electrónico cuando represente a un individuo o a una entidad. Durante esta fase también debe ser capaz de llevar a cabo diferentes tipos de comunicación con otros agentes de acuerdo con la entidad con la que interactúa. Por ejemplo, los agentes monitores del MAS-PLANG perciben las acciones del estudiante en el entorno de aprendizaje de las USD y en forma consecuente interactúan con los agentes de la plataforma HabitatPro para refinar el modelo del estudiante en un momento apropiado.
- Autonomía:** los agentes deben ser semiautónomos. Esto significa que no necesitan una directa y constante supervisión. Esta característica es esencial para la representación de sus tareas, pero como existen diferentes grados de autonomía, el agente debe siempre estar bajo el control de la entidad o persona que él representa. Por ejemplo, el agente sintético SMIT del MAS-PLANG conoce cuándo y cómo representar cualquier mensaje al estudiante y cuándo actualizar su base de conocimiento.
- Proactividad:** los agentes inteligentes deben ser proactivos. Esto significa que deben tener metas u objetivos explícitos que cumplir (por ejemplo en nuestro caso, seleccionar los contenidos didácticos de una unidad docente en formato gráfico para ofrecerlos a un estudiante con estilo de aprendizaje visual) y actuar consecuentemente de una manera autónoma para lograrlos.
- Aprendizaje:** Los agentes inteligentes deben adquirir conocimiento de su representado y del entorno donde llevan a cabo sus funciones.

Este conocimiento debe ser dinámico porque cambia con el tiempo. El agente debe ser capaz de aprender de su entorno y de la interacción con otros agentes e incorporar estos cambios en su base de conocimiento. El agente de usuario del MAS-PLANG aprende de las interacciones del estudiante en las USD para adaptar el entorno de aprendizaje a sus preferencias (percibidas mediante la actualización de su estilo de aprendizaje).

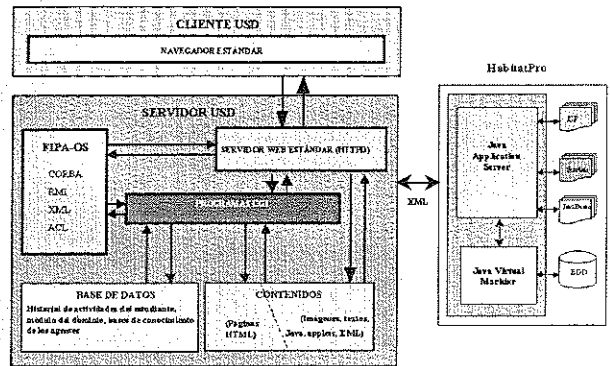


Figura 9. Modelo de referencia del MAS-PLANG

El modelo de agencia y de personalización del MAS-PLANG basado en la arquitectura de [8] se muestra en la Figura 10, en donde diferentes estudiantes (los rectángulos) interactúan con un hábitat (la plataforma USD) por medio de diferentes agentes (los círculos) que los representan. Los agentes tienen una doble función: interactuar entre ellos y con el hábitat en nombre del estudiante y filtrar la información de aprendizaje (tipo y estilo de presentación de los contenidos didácticos, herramientas de navegación y estrategias de navegación) que los estudiantes reciben de otros agentes y del hábitat. Los agentes son individuales (cada estudiante tiene los suyos) y tienen conocimiento acerca de los objetivos y de los estilos de aprendizaje de los estudiantes que ellos representan y también son capaces de aprender de sus interacciones con el entorno.

En la Figura 11 se puede observar la arquitectura interna de este sistema compuesto por dos niveles de agentes: los del nivel superior o asistentes personales y los del nivel inferior o agentes de información.

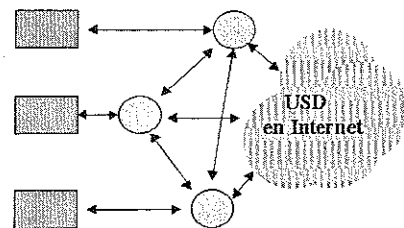


Figura 10. Modelo de agencia y de personalización del MAS-PLANG

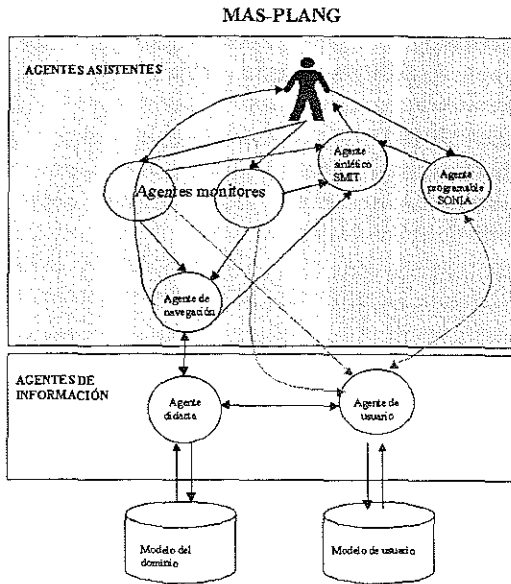


Figura 11. Arquitectura interna del MAS-PLANG

Los agentes del nivel superior actúan como los típicos agentes personales digitales que aprenden del entorno e interactúan con el estudiante para ayudarlo en el desarrollo de sus actividades de aprendizaje. La siguiente es la descripción de su funcionamiento de acuerdo con la arquitectura interna expuesta en la Figura 11:

- El agente programable SONIA (Student Oriented Network Interface Agent) [25] trata de automatizar algunas tareas de soporte al aprendizaje, permitiendo al estudiante programar sus actividades mediante ejemplos o imitando su comportamiento y adaptándose a él. Este es un agente muy sencillo de reflejo simple que para su funcionamiento recibe instrucciones del profesor o del estudiante y también información proveniente de ciertos eventos sucedidos en el entorno de aprendizaje. Se ha implementado en lenguaje Java utilizando la arquitectura cliente-servidor, de tal forma que su parte servidora realiza los procesos de registro y comunicación con los agentes de la plataforma multiagente tomada como base para su desarrollo y su parte cliente esta siempre en contacto directo con el usuario para recibir programación de tareas como:

1. Anunciar cuando cierto "compañero de clase" se conecte al sistema
2. Sugerir la revisión de referencias bibliográficas en las secciones del curso que así lo exijan.
3. Sugerir la realización de los ejercicios interactivos preparados para determinada sección del curso o para toda la unidad docente.

4. Avisar si el estudiante ya ha realizado determinado tiempo de estudio.
5. Recordar al usuario mensajes personalizados a determinado tiempo durante la sesión de aprendizaje.
6. Para el caso de una acción específica programada por el profesor, llamar la atención de los estudiantes conectados a la plataforma en un momento dado para recibir indicaciones o explicaciones en línea.

En la siguiente figura se puede observar un aspecto de su interfaz en el entorno de aprendizaje.

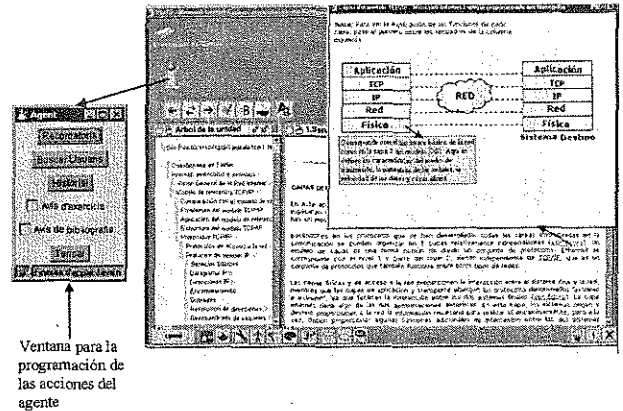


Figura 12. El agente SONIA en el entorno de aprendizaje de las USD

- El agente sintético SMIT (Synthetic Multimedia Interactive Tutor) [14] se introduce con un diseño animado y antropomórfico en la interfaz del usuario para presentar los mensajes que provienen de otros agentes y que están dirigidos al estudiante, teniendo en cuenta la secuencia de pasos esquematizada en la Figura 13. Para su desarrollo se han utilizado lenguajes como JavaScript, XML, HTML y FLASH. Cada presentación exige la selección de determinadas reglas que permiten definir el tipo de película y los movimientos corporales que asumirá el agente al mostrar cada mensaje. La estructura del planificador de dichas presentaciones se puede observar en la Figura 14 y algunos aspectos de la representación de los mensajes se pueden observar en la Figura 15.

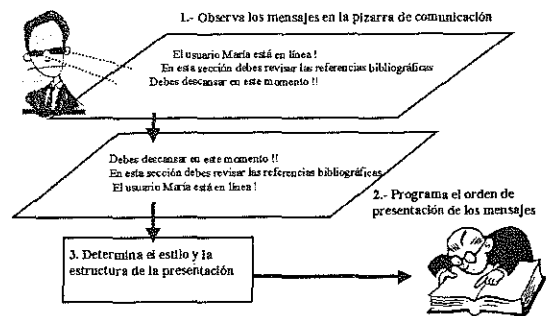


Figura 13. Representación general del funcionamiento del agente SMIT

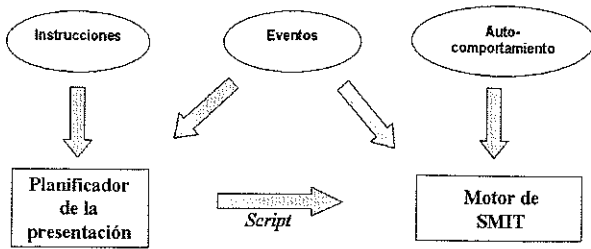


Figura 14. Estructura del planificador de presentaciones del agente SMIT



Figura 15. Formato utilizado por SMIT para la representación de algunos mensajes

Los agentes monitores supervisan las actividades del estudiante en el entorno de aprendizaje para generar información de retroalimentación a su modelo de comportamiento e interactuar directamente con los agentes recomendadores del HabitatPro.

El agente de navegación organiza mediante su interacción con el agente de usuario y el agente didacta, los caminos de navegación a seguir por el estudiante sobre los contenidos didácticos adaptados a su estilo de aprendizaje.

Los agentes del nivel inferior actúan de intermediarios entre los agentes del nivel superior y las bases de datos del modelo del dominio y del modelo de usuario para recomendar las unidades docentes adaptadas (teniendo en cuenta el formato para la presentación de los contenidos, la estrategia instruccional, las herramientas de navegación y las estrategias de navegación) a las preferencias del estudiante de acuerdo a su estilo de aprendizaje. Estos agentes son:

El agente didacta que selecciona las estrategias de aprendizaje apropiadas al estudiante de acuerdo con su estilo de aprendizaje. Para su funcionamiento chequea las reglas de decisión pedagógica estipuladas en el modelo

del dominio e interactúa directamente con el agente de usuario para percibir el progreso del estudiante y con el agente de navegación para definir su actuación (navegación adaptativa) en el entorno de aprendizaje.

El agente de usuario que construye y mantiene el modelo del estudiante mediante su interacción con los agentes monitores de los cuales recibe información para la actualización de su base de conocimiento.

El esquema de entradas y salidas del sistema MAS-PLANG integrando el funcionamiento de estos dos niveles de agentes se puede observar en la siguiente Figura 16.

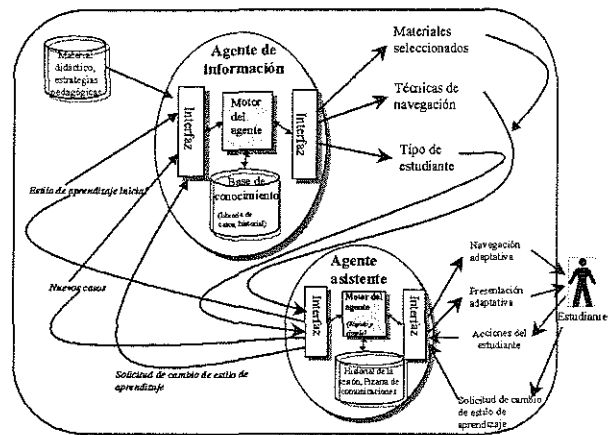


Figura 16. Esquema de entrada salida de los agentes del MAS-PLANG

B. Modelado del estudiante

Un sistema interactivo, para adaptar su comportamiento a las necesidades del usuario debe ser capaz de construir dinámicamente una representación de los intereses del usuario y sus características. El agente de usuario del MAS-PLANG modela el estudiante de acuerdo con su estilo de aprendizaje cuya primera observación se percibe a través de la aplicación del cuestionario ILS del modelo FLSM y más tarde se refina por medio del análisis de las interacciones del estudiante en el entorno de aprendizaje utilizando el procedimiento de Razonamiento Basado en Casos de la plataforma HabitatPro, para personalizar la presentación de los contenidos de aprendizaje (teniendo en cuenta el formato de los materiales didácticos y el tipo de estrategia pedagógica) y las herramientas de navegación del entorno.

La principal idea del Razonamiento Basado en Casos tomada de [1], es la de resolver un nuevo problema recuperando situaciones previas similares y reutilizando la información y el conocimiento de dichas situaciones.

Encontrando un caso pasado similar y reutilizando su solución en la situación del nuevo problema se soluciona un nuevo caso. En terminología del CBR, un caso normalmente denota una situación o un problema, y un caso previo o caso pasado o caso almacenado corresponde a una situación que se ha experimentado previamente y de la cual se ha reutilizado información para la solución de nuevos problemas. Un nuevo caso o un caso no resuelto es en consecuencia, la descripción de un nuevo problema a resolver. El Razonamiento Basado en Casos es en efecto un proceso cíclico e integrado para resolver un problema, aprender de su experiencia, resolver un nuevo problema y así sucesivamente. Si dos problemas se parecen, sus soluciones son similares y entonces es posible aplicar una adaptación de la anterior solución a la solución del problema actual.

El MAS-PLANG ofrece a cada estudiante un agente personal (agente de usuario) que conoce sus gustos y preferencias (subjetividad) y es capaz de recomendar automáticamente unidades docentes, herramientas de navegación y estrategias de navegación apropiadas a su estilo de aprendizaje. Este procedimiento le permite al sistema ser más competitivo porque trabajar con la subjetividad, le da capacidad de adquirir conocimiento que más tarde se puede transportar y utilizar provechosamente en cualquier otra unidad didáctica ofreciendo soluciones con base en cada requerimiento.

Cada agente de usuario incrementa proactivamente el conocimiento que tiene acerca del estudiante aplicando sus propias estrategias para dirigir la información de motivación a las necesidades del estudiante y para mejorar el rendimiento del sistema utilizando técnicas como el filtrado colaborativo y la autoevaluación.

Para conseguir que un agente actúe correctamente y con los mejores intereses del individuo que él representa, es indispensable que incorpore conocimiento de alguna forma de sus preferencias y personalidad. Este conocimiento es en general, extremadamente difuso y contradictorio (subjetivo) y por lo tanto difícil de manejar y representar. Nuestro agente de usuario obtiene este conocimiento subjetivo por medio de imágenes y contra-imágenes de los estudiantes que representa.

El modelado del estudiante en el MAS-PLANG se basa en tres conceptos:

- El entorno electrónico donde la actividad educativa se lleva a cabo y donde el objetivo de personalización en la interacción con el estudiante está claramente definido. Los agentes inteligentes satisfacen esta necesidad conviviendo, aprendiendo e interactuando entre ellos y con el exterior en el entorno electrónico.

- Las unidades docentes, técnicas de navegación y estrategias de navegación ofrecidas por el entorno de aprendizaje. Diferentes tipos de estudiantes tienen diferentes preferencias para las unidades educativas ofrecidas y en consecuencia crece la necesidad de una relación personalizada entre el entorno y los estudiantes.

- El estudiante o el individuo que está interesado en las unidades docentes. Esta es la entidad que necesita tratamiento personalizado, el cual se puede adquirir utilizando agentes inteligentes que modelen el comportamiento del estudiante y actúen de intermediarios entre ellos y el entorno de aprendizaje.

Las técnicas de personalización utilizadas por los agentes para el modelado del estudiante se centran en el concepto de pares atributo-valor ampliamente utilizado para la representación del conocimiento en Inteligencia Artificial. El atributo aplicable a una unidad docente o a un estudiante es equivalente a una propiedad o característica. Para las unidades docentes USD se han tenido en cuenta los atributos propuestos en la Tabla 2 (opciones A – D), para cada una de las dimensiones del modelo FSLSM de estilos de aprendizaje. En la selección de las estrategias y herramientas de navegación se aplicaron las técnicas del hipermedia adaptativo propuestas por Brusilovsky en [19]. En el siguiente ejemplo se observa la estructura de una unidad docente USD, representada por estos pares de información:

GRUPO : UNIDADES DOCENTES USD

Atributos: estrategia instruccional, materiales complementarios e interactivos, ejercicios, formato, herramientas de navegación.

Atributo-valor:

Estrategia instruccional: objetivos, estudio de casos, lecturas, núcleos de conocimiento, mapas conceptuales, síntesis.

Materiales complementarios e interactivos: ejemplos, animaciones, simulaciones, gráficos interactivos, glosarios. Ejercicios: de autoevaluación y de respuesta abierta.

Formato: diapositivas textuales o multimedia, “media clips”: gráficos, video digital o audio, texto lineal, hipertexto.

Herramientas de navegación: puntuales, estructurales y para el trabajo colaborativo.

Los valores que los atributos pueden tomar son en general de naturaleza subjetiva, porque el significado de cada uno depende de la persona que los utiliza o define (un estudiante puede aprender mejor mediante unidades docentes en formato gráfico que en formato texto) y por lo tanto se necesitan sofisticadas herramientas para su manipulación. En este caso, incluir valores de este tipo no tiene sentido. Los algoritmos utilizados para este propósito en el sistema se basan en técnicas de Inteligencia Artificial como el Razonamiento Basado en Casos y la lógica difusa.

Se define la imagen de un producto o unidad docente como el conjunto de los pares atributo-valor que la caracterizan. Por ejemplo, si se considera el estilo de aprendizaje para ofrecer una unidad docente apropiada, la imagen de un material didáctico para enseñar Introducción a los Computadores en las USD para un estudiante activo de acuerdo al modelo FSLSM podría contener los siguientes pares atributo-valor:

Estrategia instruccional: Núcleos de conocimiento
Elementos interactivos: simulaciones
Ejercicios: de autoevaluación y de respuesta abierta
Formato del material: texto lineal
Herramientas de navegación: forum (1)

Mientras que para un estudiante reflexivo esta información podría ser:

Estrategia instruccional: objetivos
Elementos interactivos: ejemplos
Ejercicios: de autoevaluación y de respuesta abierta
Formato del material: diapositivas multimedia
Herramientas de navegación: correo electrónico (2)

Con base en el concepto de imagen de un producto, es posible definir un nuevo concepto de distancia entre productos utilizando técnicas de lógica difusa. Esta distancia permite obtener de las imágenes de dos productos, un valor numérico que represente el grado de similitud existente entre ambos. Esta distancia es una función:

$$d_p : P \times P \rightarrow R \quad (3)$$

Donde P es el conjunto de las imágenes de los productos y R el conjunto de los números reales.

Un conjunto de pares atributo-valor relacionados con un estudiante podría reflejar sus preferencias con respecto a las unidades docentes y el entorno de aprendizaje. Por ejemplo, un estudiante activo en la terminología de Felder, podría estar caracterizado por una unidad docente específica con el conjunto de pares atributo-valor descrito en (1). Sin embargo, la representación de las preferencias del estudiante por medio de pares atributo-valor no es eficiente porque no

se puede representar la intensidad de las preferencias o la importancia que el estudiante le da a cada uno de dichos atributos. Para resolver este problema, se introduce el concepto de un peso asociado a un atributo y a un estudiante. Cada estudiante dará entonces a cada atributo su propio peso que indicará la importancia que el atributo tiene para él cuando asigna un grado de preferencia a determinada unidad docente.

El conjunto de pesos que se puede asociar a los atributos es configurable. En este sistema se utiliza el siguiente:

$$W = \{ \text{indiferente, menos importante, medio importante, importante, muy importante y necesario} \} \quad (4)$$

Correspondiente a los valores 0, 1, 2, 4, 8 y 1000 respectivamente. En este punto se puede observar que W siempre contendrá dos constantes especiales: Indiferente con valor cero y Necesario con un valor muy grande.

A partir de aquí, se define la imagen del estudiante de una unidad docente, como un conjunto de tres elementos atributo/valor/peso que codifica las preferencias del estudiante y la importancia que da a los valores de los atributos de los elementos del grupo UNIDAD DOCENTE. Introduciendo el parámetro peso, se puede mediante el siguiente ejemplo mostrar lo que podría representar una unidad docente para un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo:

{Estrategia instruccional/ objetivos/importante
Elementos interactivos/ ejemplos/importante
Ejercicios/de respuesta abierta/medio importante
Formato del material/ texto lineal/indiferente
Herramientas de navegación/ correo electrónico/medio importante} (5)

Quien de acuerdo al modelo de Felder, procesa la información introspectivamente, adquiere mejor el conocimiento por medio de contenidos gráficos, piensa mucho antes de actuar y prefiere trabajar solo o en pares. Extendiendo el concepto de distancia entre productos introducido en (3), y generalizándolo para incluir los pesos a los atributos, se define entonces dos nuevos conceptos:

1) La distancia entre un estudiante y una unidad docente:

$$d : P \times C \rightarrow R \quad (6)$$

Donde P es el conjunto de las imágenes de las unidades docentes y C el conjunto de las imágenes de los estudiantes. Dada una imagen c de un estudiante y una imagen p de una unidad docente, la función $d(p,c)$ considera simultáneamente todos los atributos utilizados en las dos imágenes junto con sus valores y pesos para retornar un valor numérico con la distancia entre el estudiante y el producto. Por lo tanto, la función d toma la información subjetiva representada en el estudiante y las imágenes de las unidades docentes para obtener una medida numérica concreta de la afinidad entre ellos.

2) La distancia entre dos estudiantes:

$$d_c: C \times C \rightarrow \mathbb{R} \quad (7)$$

Donde C es el conjunto de las imágenes de los estudiantes. Dadas dos imágenes de estudiantes c y d , la función $d(c,d)$ considera simultáneamente los atributos utilizados en las dos imágenes junto con sus valores y sus pesos y retorna un valor numérico que representa la distancia entre dos estudiantes. De forma similar a la función $d(p,c)$, la función d_c toma la información subjetiva representada en las imágenes de los estudiantes para obtener una medida numérica concreta de la afinidad entre ellos.

La aplicación de las funciones (6) y (7) es inmediata. Por medio de ellas es posible recomendar a un estudiante los materiales didácticos con los cuales puede trabajar mejor, poner a los estudiantes en grupos de acuerdo a sus preferencias relativas o utilizar la información "aprendida" por un estudiante en una unidad docente para promover los mismos materiales didácticos para otros estudiantes con similares estilos de aprendizaje (filtrado colaborativo) o analizar la prospección de nuevas unidades docentes.

CONCLUSIONES

Se presentó el desarrollo del sistema multiagente MAS-PLANG compuesto por una arquitectura de dos niveles de agentes inteligentes (asistentes o tutores y agentes de información) para dar adaptatividad a la plataforma educativa USD utilizada para la enseñanza-aprendizaje a través del web en la Universitat de Girona.

La base para la adaptatividad de este sistema ha sido el considerar el estilo de aprendizaje del estudiante (adoptado del modelo FSLSM) para ofrecer unidades docentes personalizadas, teniendo en cuenta el formato para la presentación de los materiales didácticos, la estrategia instruccional idónea para la explicación de determinada situación, las herramientas de navegación apropiadas para un movimiento confortable a través de los contenidos y las estrategias de navegación que permitan avanzar en el descubrimiento de contenidos con base en el progreso del estudiante.

Para el modelado del estudiante se utilizaron las técnicas del Razonamiento Basado en Casos y las reglas de Lógica Difusa embebidas en el sistema HabitatPro, una herramienta diseñada y utilizada para la personalización de contenidos y prospección de mercados en entornos de comercio electrónico.

Actualmente se realizan pruebas experimentales con el desempeño de los agentes asistentes se aplican los métodos estadísticos sugeridos para la convalidación de las respuestas del cuestionario ILS, en la detección de las tendencias de estilos de aprendizaje en una muestra de 200 estudiantes. Se tiene previsto para el próximo invierno realizar las pruebas integrales del sistema con simulaciones del modelado del estudiante en el entorno de las USD, para ofrecer unidades didácticas adaptativas en asignaturas de Introducción a los Computadores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración prestada por el pedagogo Adonys Chrysos por su profundización en el estudio de los diferentes modelos de estilos de aprendizaje que nos permitieron la selección del más apropiado a las condiciones de nuestra plataforma USD. También se resalta la gran labor realizada por los profesores involucrados en los proyectos de innovación docente de la Universidad de Girona en la elaboración de materiales didácticos para el soporte a la enseñanza de sus asignaturas a través de las USD.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. AAMODT, E. PLAZA, "Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches", *AI Communications*, IOS Press, Vol. 7:1, pp. 39-59, 1994.
- [2] A. MUMFORD & P. HONEY, *Using your learning styles*, Honey, Maidenhead, 1996.
- [3] C. A. CARVER, R. A. HOWARD, and W.D. LANE, "Addressing Different Learning Styles Through Course Hypermedia", *IEEE Transactions on Education*, 42(1), February 1999, pp. 33-38.
- [4] C. I. PEÑA, J. L. MARZO, "Adaptive Intelligent Agent Approach to Guide the Web Navigation on the PLAN-G Distance Learning Platform". *IEE Colloquium "Lost in the Web - Navigation on the Internet"*, London, November 1999.
- [5] C.I. PEÑA, R. FABREGAT, A. URRÁ, M. VALLES, J.L. MARZO, "Gestor de Pizarras Compartidas, Libreta de Notas y Marcas para la Plataforma Telemática del PLAN-G", *SIIE2000, Simposio Internacional de Informática Educativa*, Puerto Llano, Ciudad Real, Spain, November 2000.
- [6] C. G. JUNG, *The Collected Works of C. G. Jung*, No. 6 : *Psychological Types*, R. F. Hull (Editor), 1971.
- [7] D. KOLB, *Learning Styles Inventory*, McBer & Co, Boston, 1984.
- [8] *Habitat-Pro™ Environment, Agents Inspired Technologies S.A*, University of Girona, Girona, Spain, 2001, <http://www.agentsinspired.com>.
- [9] H. S. NWANA, N. AZARMI (Eds.). "Software Agents and Soft Computing – Towards Enhancing Machine Intelligence – Concepts and Applications". *Lecture Notes in Artificial Intelligence 1198*, Springer-Verlag, 1997.
- [10] <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSdir/ilsweb.html>
- [11] I.B. MYERS and M.H. MCCAULLEY M.H., *Manual: A Guide to the Development and Use of the Myers-Briggs Type Indicator*, 2nd Edition. Palo Alto: Consulting psychologists Press, 1986.
- [12] J.J. GIBSON, *The Senses Considered as Perceptual Systems*, Houghton Mifflin, Boston, 1966.
- [13] L. CURRY, "Integrating concepts of cognitive or learning style: A review with attention to psychometric standards", on: *Canadian College of Health Service Executives*, Ottawa, 1987.
- [14] M. AGUILAR, *SMIT: Disseny i Implementació d'un Agent Sintètic de Presentació per les Unitats de Suport a la Docència del PLAN-G*, Undergraduate Systems Engineering Project, Escola Politècnica Superior, Universitat de Girona, España, 2001.
- [15] M. R. FELDER and L. SILVERMAN, "Learning and Teaching Styles in Engineering Education". In *Engineering Education* 78(7), 1988, pp. 674-681. http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Learning_Styles.html
- [16] M.R. FELDER, *Reaching the Second Tier: Learning and Teaching Styles in College Science Education*. In *Journal of College Science Teaching*, 23(5), 1993, pp.286-290.
- [17] M.R. FELDER, *Matters of Style*. In *ASEEE Prism*, 6(4), 1996, pp. 18-23.
- [18] NORTEL NETWORKS CORPORATION. "FIPA-OS V1.3.3 Distribution Notes". Open Source, 2000.
- [19] P. BRUSILOVSKY, "Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia", *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Vol. 4, pp. 1-19, Kluwer academic publishers, 1994.
- [20] R. DANGWAL and S. MITRA, . "Construction and validation of a Learning Styles Inventory test for use in India". [\[on-line document\] found at http://www.geocities.com/SoHo/1718/docs/1styles.html on 17/12/99](http://www.geocities.com/SoHo/1718/docs/1styles.html).
- [21] R. DUNN, K. DUNN and G. PRICE, *Manual: Learning Style Inventory*, KS: Price Systems, Lawrence, 1985.
- [22] R. FABREGAT, J.L. MARZO, C.I. PEÑA, "Teaching Support Units", *Computers and Education in the 21st Century*: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [23] R. OPPERMANN, R. ROSSEN, KINSHUK. "Adaptability and Adaptivity in Learning Systems". *Knowledge Transfer (Volume II)* (Ed, A. Behrooz), Pace, London, UK, pp173-179, 1997.
- [24] S. MONTGOMERY, *Addressing Diverse Learning Styles through the Use of Multimedia*, University of Michigan, 1996.
- [25] S. OLIVERAS, *Implementació d'un agent intel·ligent d'interfície per assistir a l'estudiant quan realitza feines d'aprenentatge en la plataforma telemàtica educativa del PLAN-G*, Undergraduate Systems Engineering Project, Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona, España, 2000.
- [26] S. W. REICHMAN and A.F. GRASHA, "A rational approach to developing and assessing the construct validity of a study learning style scales investment", *Journal of Psychology*, 87 pp. 213-223, 1974.

CURRICULUM

CLARA INÉS PEÑA

Ingeniera de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander, actualmente realiza su Tesis doctoral en La Universidad de Girona (España). Pertenece grupo investigación Comunicaciones en Banda Ancha y Sistemas Distribuidos . E-mail: clarenes@eia.udg.es.

JOSE L MARZO

Profesor titular en La Universidad de Girona (España). Es Director grupo investigación Comunicaciones en Banda Ancha y Sistemas Distribuidos. E-mail: marzo@eia.udg.es

JOSEP LLUÍS DE LA ROSA

Profesor titular Universidad de Girona (España). Actualmente es el Presidente de la compañía Agents Inspired Technologies S.A. E-mail: peplluis@eia.udg.es.

RAMÓN FABREGAT

Profesor titular Universidad de Girona (España). Pertenece grupo investigación Comunicaciones en Banda Ancha y Sistemas Distribuidos. E-mail: ramon@eia.udg.es